

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Г. А. Усик

Методичні вказівки

до самостійної роботи і практичних занять
з дисципліни

«Інженерне обладнання будівель»

(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання
професійного напрямку 6.060101 «Будівництво»,
спеціальності «Промислове та цивільне будівництво»)

ХАРКІВ – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до самостійної роботи і практичних занять з дисципліни «Інженерне обладнання будівель» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання професійного напрямку 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Промислове та цивільне будівництво») [Текст] / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Г.А. Усик. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 35 с.

Укладач: Г.А. Усик

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри теплохолодопостачання В.І. Абелешов

Рекомендовано кафедрою теплохолодопостачання,
протокол № 9 від 04.06.2009 р.

ЗМІСТ

	Стор.
1. Роль навчальної дисципліни в підготовці фахівців	4
2. Змістові модулі (ЗМ)	5
3. Лекції (розподіл часу)	6
4. Література і контрольні запитання за змістовими модулями дисципліни	8
5. Засоби контролю	12
6. Критерії оцінки знань	12
7. Практичні заняття	13
8. Контрольні завдання	29
Рекомендована література	33

1. РОЛЬ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ

Статус дисципліни – за вибором ХНАМГ.

Тривалість вивчення дисципліни. Загальна кількість часу, відведеного для вивчення дисципліни протягом одного семестру четвертого року навчання денного відділення складає 2/72 кредитів/годин.

Форма й методи навчання

Таблиця 1.1

Форма навчання	Курс	Семестр	Годин						Залік (семестр)
			Всього	Аудиторні	у тому числі		Самостійна робота	у тому числі	
					Лекції	Практичні заняття		КР	
Денна	4	8	72	30	15	36	42	–	8
Заочна	5	9	72	12	6	6	60	6	9

1.1. Мета вивчення. Забезпечити єдиний комплексний підхід, системність і послідовність при одержанні потрібного обсягу знань і навиків згідно з освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» з відповідної спеціальності. Оволодіння необхідним обсягом теоретичних і практичних знань з питань призначення, класифікації, улаштування, основних елементів, характеристики інженерного обладнання будівель, набуття практичних навичок з використання цих знань в галузі будівництва і архітектури. Оволодіння сучасними методами, формами організації, планування, керування й контролю в галузі майбутньої професії, формування професійних навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних умовах, виховання потреби систематичного поновлення своїх знань і творчого їх застосування в практичній діяльності. Курс завершують заліком, який є підсумковим контролем набутих теоретичних і практичних навиків з інженерного обладнання споруд з урахуванням сучасних напрямків в містобудуванні.

1.2. Предмет дисципліни. Система і процес організації, планування, управління і контролю заходів щодо проектування, будівництва і технічної експлуатації інженерного обладнання будівель та споруд.

1.3. У результаті вивчення дисципліни студент повинен

Знати: функції, класифікацію інженерних систем будівель, вимоги до них; засоби підвищення ефективності експлуатації інженерних систем, економії матеріальних і трудових ресурсів; влаштування інженерних систем та обладнання будівель; їх основні елементи; розташування трубопроводів у будівлях.

Вміти: проектувати інженерні системи будівель; класифікувати й ідентифікувати інженерне обладнання; систематизувати і аналізувати заходи щодо проектування й зведення будівель; виконувати гідравлічні розрахунки інженерних систем будівель; економити матеріальні та енергетичні ресурси; знаходити вирішення завдань підвищення ефективності використання інженерного обладнання; виконувати техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

Самостійна навчальна робота студента полягає у формуванні професійних вмінь і навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних умовах, вихованні потреби систематичного поновлення знань і творчого їх застосування у практичній діяльності. З цією метою автор рекомендує інформаційно-методичне забезпечення, що наведене нижче.

2. ЗМІСТОВІ МОДУЛІ (ЗМ)

Модуль 1. Інженерне обладнання споруд (2/72)

ЗМ 1.1. Опалення, гаряче водопостачання і вентиляція будівель

Навчальні елементи:

1. Джерела теплопостачання. Тепловий баланс. Розрахунок теплових втрат і термічного опору огорожуючих конструкцій.
2. Класифікація систем водяного опалення, їх загальна конструктивна характеристика. Елементи системи, види і параметри теплоносіїв. Вимоги до опалювальних приладів, їх підбір.
3. Системи опалення з природною циркуляцією теплоносія. Пересування, збирання і видалення повітря. Температурна деформація. Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення.
4. Гаряче водопостачання будівель і споруд. Класифікація систем гарячого водопостачання, їх улаштування. Схема системи гарячого водопостачання житлового будинку. Елементи систем гарячого водопостачання. Місцеві системи гарячого водопостачання.
5. Вентиляція будівель і споруд. Склад і властивості повітря. Класифікація систем вентиляції будівель. Природна канална вентиляція. Аеродинамічний розрахунок системи природної вентиляції. Місцеві припливні системи вентиляції, їх обладнання.

ЗМ 1.2. Системи холодного водопостачання будівель. Внутрішня каналізація будівель

Навчальні елементи:

1. Класифікація систем холодного водопостачання будівель. Схеми систем внутрішніх водопроводів. Влаштування внутрішньої водопровідної системи.

2. Елементи внутрішньої системи водопостачання. Протипожежні водопроводи. Поливальні водопроводи.
3. Системи внутрішньої каналізації. Елементи системи каналізації.
4. Матеріали й обладнання систем внутрішньої каналізації. Вентиляція каналізаційних систем. Внутрішні водостоки.

**Розподіл часу за модулями й змістовими модулями та
форма навчальної роботи студента**

Таблиця 2.1

Модулі (семестри) та змістові модулі	Всього, кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекції	Практичні	Самостійна робота	КР (семестр)
Денна форма навчання					
Модуль 1	2/72	15	15	42	8
ЗМ 1.1	1/36	8	8	20	
ЗМ 1.2	1/36	7	7	20	
Заочна форма навчання					
Модуль 1	2/72	6	6	60	9
ЗМ 1.1	1/36	3	3	30	
ЗМ 1.2	1/36	3	3	30	

3. ЛЕКЦІЇ (РОЗПОДІЛ ЧАСУ)

Таблиця 3.1

Зміст	Кількість годин	
	Денна форма	Заочна форма
1	2	3
<i>ЗМ 1.1. Опалення, гаряче водопостачання та вентиляція будівель</i>		
1. Джерела теплопостачання. Тепловий баланс. Розрахунок теплових втрат і термічного опору огорожуючих конструкцій.	1	0,5
2. Класифікація систем водяного опалення, їх загальна конструктивна характеристика. Елементи системи, види і параметри теплоносіїв. Вимоги до опалювальних приладів, їх підбір.	2	0,5
3. Системи опалення з природною циркуляцією теплоносія. Пересування, збирання і видалення повітря. Температурна деформація. Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення.	2	1
4. Гаряче водопостачання будівель і споруд. Класифікація систем гарячого водопостачання, їх улаштування. Схема системи гарячого водопостачання житлового будинку. Елементи систем гарячого водопостачання. Місцеві системи гарячого водопостачання.	2	0,5

Продовження табл. 3.1

1	2	3
5. Вентиляція будівель і споруд. Склад і властивості повітря. Класифікація систем вентиляції будівель. Природна канална вентиляція. Аеродинамічний розрахунок системи природної вентиляції. Місцеві припливні системи вентиляції, їх обладнання.	1	0,5
ЗМ 1.2. Системи холодного водопостачання будівель. Внутрішня каналізація будівель		
1. Класифікація систем холодного водопостачання будівель. Схеми систем внутрішніх водопроводів. Влаштування внутрішньої водопровідної системи.	2	1
2. Елементи внутрішньої системи водопостачання. Протипожежні водопроводи. Поливальні водопроводи.	2	1
3. Системи внутрішньої каналізації. Елементи системи каналізації.	2	0,5
4. Матеріали і обладнання систем внутрішньої каналізації. Вентиляція каналізаційних систем. Внутрішні водостоки.	1	0,5
Всього годин (ЗМ 1.1 + ЗМ 1.2)	15	6

Таблиця 3.2 – Самостійна робота студентів

Зміст	Кількість годин	
	Денна форма	Заочна форма
1	2	3
ЗМ 1.1. Опалення, гаряче водопостачання та вентиляція будівель		
1. Джерела теплопостачання. Тепловий баланс. Розрахунок теплових втрат і термічного опору огорожуючих конструкцій.	4	6
2. Класифікація систем водяного опалення, їх загальна конструктивна характеристика. Елементи системи, види і параметри теплоносіїв. Вимоги до опалювальних приладів, їх підбір.	4	6
3. Системи опалення з природною циркуляцією теплоносія. Пересування, збирання й видалення повітря. Температурна деформація. Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення.	4	6
4. Гаряче водопостачання будівель і споруд. Класифікація систем гарячого водопостачання, їх улаштування. Схема системи гарячого водопостачання житлового будинку. Елементи систем гарячого водопостачання. Місцеві системи гарячого водопостачання.	4	6

Продовження табл. 3.2

1	2	3
5. Вентиляція будівель і споруд. Склад і властивості повітря. Класифікація систем вентиляції будівель. Природна канална вентиляція. Аеродинамічний розрахунок системи природної вентиляції. Місцеві припливні системи вентиляції, їх обладнання.	4	6
ЗМ 1.2. Системи холодного водопостачання будівель. Внутрішня каналізація будівель		
1. Класифікація систем холодного водопостачання будівель. Схеми систем внутрішніх водопроводів. Влаштування внутрішньої водопровідної системи.	6	8
2. Елементи внутрішньої системи водопостачання. Протипожежні водопроводи. Поливальні водопроводи.	6	8
3. Системи внутрішньої каналізації. Елементи системи каналізації.	5	7
4. Матеріали й обладнання систем внутрішньої каналізації. Вентиляція каналізаційних систем. Внутрішні водостоки.	5	7
Всього годин (ЗМ 1.1 + ЗМ 1.2)	36	60

4. ЛІТЕРАТУРА І КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ЗА ЗМІСТОВИМИ МОДУЛЯМИ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 4.1

№ теми	Зміст теми	Література	Контрольні питання
1	2	3	4
ЗМ 1.1. Опалення, гаряче водопостачання і вентиляція будівель			
Тема 1.	Джерела теплопостачання. Тепловий баланс приміщень. Розрахунок теплових втрат і термічного опору огорожуваних конструкцій	[1], с. 7-13; [3], с. 103-106; [5], с. 115-120; [3], с. 106-116; [5], с. 124-143	1. Що означає зведення теплового балансу? 2. Які будівлі відносять до споруд з постійним тепловим режимом? 3. Що таке чергове опалення? 4. Що означає «питома теплова характеристика будівлі»? 5. Від яких показників залежить питома теплова характеристика будівлі? 6. Що таке опір теплопередачі огорожуваних конструкцій? 7. У чому фізичний сенс R_0 ? 8. Що таке «основні втрати теплоти через огороження»? 9. Як визначити додаткові втрати теплоти?

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
			<p>10. Як обчислити втрати теплоти за рахунок роботи системи вентиляції?</p> <p>11. Назвіть джерела теплопостачання.</p>
Тема 2.	Класифікація систем водяного опалення. Загальна конструктивна характеристика систем водяного опалення. Елементи системи, види й параметри теплоносіїв. Вимоги до опалювальних приладів, їх характеристика. Підбір опалювальних приладів.	[1], с. 73-77; [3], с. 121-125; [4], с. 164-185 [1], с. 70-73; [3], с. 174-200	<p>1. За якими ознаками класифікують системи опалення?</p> <p>2. Назвіть елементи систем опалення.</p> <p>3. Із якого матеріалу виготовляють трубопроводи систем опалення?</p> <p>4. Назвіть основну запірно-регулювальну арматуру.</p> <p>5. Які теплотехнічні вимоги до опалювальних приладів?</p> <p>6. Що таке «суха сублімація» пилу й коли вона відбувається?</p> <p>7. Які санітарно-гігієнічні вимоги до опалювальних приладів?</p> <p>8. За якими ознаками класифікують опалювальні прилади?</p> <p>9. У чому складається методика підбору опалювальних приладів?</p>
Тема 3.	Системи опалення з природною циркуляцією води. Пересування, збирання і видалення повітря. Температурна деформація. Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення.	[3], с. 159-171	<p>1. Що таке гравітаційний тиск?</p> <p>2. Під дією яких сил здійснюється циркуляція води в системах опалення з природним збудженням?</p> <p>3. Умови нормальної роботи системи опалення з природним збудженням.</p> <p>4. Чим небезпечна наявність повітря в системі опалення?</p> <p>5. Способи видалення повітря.</p> <p>6. Способи компенсації температурних подовжень в системах опалення.</p> <p>7. У чому полягає мета гідравлічного розрахунку?</p> <p>8. Як виконують розрахункову схему для гідравлічного розрахунку?</p> <p>9. Що таке «розрахункова ділянка»?</p> <p>10. Як визначити лінійні й місцеві втрати тиску?</p> <p>11. Як перевірити правильність гідравлічного розрахунку?</p>

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Тема 4.	Гаряче водопостачання будівель. Класифікація систем гарячого водопостачання, їх влаштування. Схема системи гарячого водопостачання житлового будинку. Елементи системи гарячого водопостачання. Місцеві системи гарячого водопостачання.	[2], с. 143-152; [3], с. 398-403; [4], с. 156-164; [6], с. 137-144 [3], с. 235-243; [6], с. 149-173	1. Що таке «центральні системи гарячого водопостачання»? 2. Що таке місцеві системи гарячого водопостачання? 3. Влаштування і принцип роботи швидкісного водопідігрівника. 4. Назвіть елементи систем гарячого водопостачання. 5. У чому різниця I і II варіантів на схемі гарячого водопостачання житлового будинку? 6. Що таке «циркуляційний трубопровід»? 7. Які переваги отримує споживач при наявності циркуляційного трубопроводу в конструкції системи гарячого водопостачання? 8. Які існують схеми централізованого гарячого водопостачання? 9. Що таке «газовий водонагрівач»? 10. Принцип роботи газового нагрівача. 11. Як відбувається відведення продуктів згоряння?
Тема 5.	Вентиляція будівель. Склад і властивості повітря. Класифікація систем вентиляції будівель. Природна канална вентиляція. Аеродинамічний розрахунок системи природної вентиляції. Місцеві припливні системи вентиляції, їх обладнання.	[1], с. 17-30 [1], с. 30-34; [3], с. 247-266 [3], с. 299-302	1. Який склад повітря? 2. За якими ознаками класифікують системи вентиляції? 3. Назвіть шкідливості повітря. 4. В яких випадках можливе влаштування природної каналної вентиляції? 5. Назвіть елементи природної вентиляції. 6. Під дією яких природних сил рухається повітря в системах природної вентиляції? 7. Умови нормальної роботи системи природної вентиляції. 8. Назвіть недоліки природної вентиляції. 9. Принцип розрахунку природної каналної вентиляції. 10. В якому випадку використовують місцеві системи вентиляції? 11. Наведіть приклади місцевих припливних і витяжних пристроїв. 12. Що таке повітряне душення?

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
ЗМ 1.2. Системи холодного водопостачання будівель. Внутрішня каналізація будівель			
Тема 6.	Класифікація систем холодного водопостачання будівель. Схеми систем внутрішніх водопроводів. Улаштування внутрішньої водопровідної системи.	[1], с. 194-196; [2], с. 122-140; [4], с. 95-109	1. Назвіть системи внутрішніх водопровідних систем. 2. Що таке «ввід системи водопостачання»? 3. Призначення водомірного вузла. 4. Коли застосовують схему з регулюючою ємкістю та підвищуючим насосом? 5. В якому випадку можливе застосування «простої» схеми?
Тема 7.	Елементи внутрішньої системи водопостачання. Протипожежні водопроводи. Поливальні водопроводи.	[1], с. 204-210; [2], с. 140-143; [4], с. 109-135	1. Назвіть елементи систем холодного водопостачання. 2. Що таке спринклерний пристрій? 3. Коли застосовують автоматичні пристрої пожежні? 4. Принцип роботи дренчерного влаштування. 5. Як споруджуються поливочні трубопроводи?
Тема 8.	Каналізація будівель. Системи внутрішньої каналізації та їх елементи.	[1], с. 210-212	1. Назвіть системи внутрішньої каналізації. 2. Назвіть елементи систем каналізації. 3. Як запобігти проникненню шкідливих запахів із системи каналізації до приміщення? 4. Назвіть приймальники стічних вод. 5. Що таке «гідравлічний затвор»?
Тема 9.	Матеріали та обладнання систем внутрішньої каналізації. Вентиляція каналізаційних систем. Внутрішні водостоки.	[1], с. 217-220	1. Назвіть основне обладнання систем каналізації. 2. Що таке випуск? 3. Скільки випусків може бути в житлової будівлі? 4. Як організована вентиляція каналізаційних систем? 5. Як організувати вентиляцію систем каналізації при плоских покрівлях, що експлуатуються? 6. На якій відстані від вікон повинна знаходитись частина каналізаційного стояка, що вентилується?

5. ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль проводять за результатами захисту розрахунково-графічного завдання, а також тестування студентів після закінчення вивчення кожного змістового модуля.

Підсумковий контроль – шляхом складання заліку.

Таблиця 5.1

Види й засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні завдання тощо)	Розподіл балів, %
Модуль 1. Поточний контроль до змістових модулів	
ЗМ 1.1. Тестування. Здійснюють після закінчення вивчення змістового модуля	40
ЗМ 1.2. Тестування. Здійснюють після закінчення вивчення змістового модуля	20
Модуль 1. Підсумковий контроль	
Іспит	40
Всього за модулем 1	100

6. КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЗНАНЬ

«Відмінно» – виставляють за наступних умов:

- творчий підхід до засвоєння матеріалу, повнота і правильність виконання завдання;
- вміння застосовувати різні принципи й методи в конкретних ситуаціях;
- глибокий аналіз фактів та подій, спроможність прогнозування результатів від прийнятих рішень;
- чітке, послідовне викладання відповіді на папері;
- уміння пов'язати теорію і практику.

«Добре» – виставляють за наступних умов:

- мають місце деякі неprincipові помилки несуттєвого характеру у викладанні відповідей при повному знанні програмного матеріалу;
- перевага логічних підходів перед творчими у відповідях на запитання;
- не завжди правильне прогнозування подій від прийнятих рішень;
- вміння пов'язати теорію з практикою.

«Задовільно» – виставляють за наступних умов:

- репродуктивний підхід до засвоєння матеріалу;
- недостатня повнота викладення матеріалу, але при обов'язковому виконанні (можливо з несуттєвими помилками) тих завдань, що пов'язані з розв'язанням практичних завдань;

- неглибокі знання основного матеріалу, наявність великої кількості неточностей у викладенні матеріалу;
- нечітке викладання матеріалу на папері, порушення логічної послідовності при викладенні матеріалу;
- утруднення при практичному втіленні прийнятих рішень.

«Незадовільно» – виставляють за наступних умов:

- відсутність знань з більшої частини матеріалу, погане засвоєння принципів положень курсу;
- наявність грубих, принципів помилок при практичному виконанні отриманих завдань;
- невиконання або виконання з великими помилками тих завдань, що пов'язані з розв'язанням практичних задач;
- неграмотне і неправильне викладення відповідей на папері.

7. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Метою практичних занять з дисципліни «Інженерне обладнання споруд» є забезпечення єдиного комплексного підходу, системності й послідовності при одержанні потрібного обсягу знань і вмінь згідно з освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» з відповідної спеціальності; закріплення теоретичних знань з дисципліни; набуття практичних вмінь і навичок з використання цих знань в галузі будівництва і архітектури; оволодіння сучасними методами і формами організації, планування і контролю в галузі майбутньої професії; формування професійних вмінь і навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних умовах, виховання потреби систематичного поновлення своїх знань і творчого їх застосування в практичній діяльності (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Зміст	Кількість годин	
	Денна форма	Заочна форма
1	2	3
<i>ЗМ 1.1. Опалення, гаряче водопостачання і вентиляція будівель</i>		
1. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій	1	0,5
2. Розрахунок теплових втрат крізь огорожуючі конструкції будівель	2	0,5
3. Підбір опалювальних приладів	2	0,5
4. Гідравлічний розрахунок системи опалення	2	0,5
5. Влаштування індивідуального теплового пункту	0,5	0,5
6. Види й розрахунок теплообмінних апаратів. Схеми приєднання водопідігрівних установок гарячого водопостачання	0,5	0,5

Продовження табл. 7.1

1	2	3
ЗМ 1.2. Системи холодного водопостачання будівель. Внутрішня каналізація будівель		
7. Проектування системи холодного водопостачання. Гідравлічний розрахунок системи холодного водопостачання	4	2
8. Розрахунок системи побутової каналізації	3	1
Всього для ЗМ 1.1 та ЗМ 1.2	15	6

Індивідуальні завдання: курсовий проект (робота), розрахунково-графічне завдання (РГЗ), контрольна робота тощо.

Денна форма навчання – РГЗ.

Розрахунково-графічне завдання полягає у проектуванні системи опалення житлового будинку (розташування опалювальних приладів, визначення місць прокладки внутрішніх трубопроводів системи опалення, побудова розрахункової аксонометричної схеми та гідравлічний розрахунок системи опалення, підбір опалювальних приладів). Порядок виконання РГЗ – див. [23].

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 1-2

Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій

Мета заняття – закріплення теоретичних знань з питань теплотехнічного розрахунку огорожуючих конструкцій споруд.

На заняттях студенти повинні ознайомитися з методикою теплотехнічного розрахунку огорожень будівель, визначити опір теплопередачі R_0 зовнішньої стіни, а також товщину шару утеплення огороження, за якого в приміщеннях будинку забезпечують температурний режим з урахуванням потрібних економічних показників.

Для заданого пункту проектування обирають такі дані:

t_5 – розрахункова зимова температура найбільш холодної п'ятиденки забезпеченням 0,92 ([22], додаток 2);

$t_{х.д.}$ – розрахункова зимова температура найбільш холодної доби ([22], додаток 2).

З додатку 2 [22] визначають також зону вологості пункту будівництва і знаходять умови експлуатації А або Б огорожуючих конструкцій.

Виконують ескізи огорожуючих конструкцій з найменуванням матеріалів конструктивних шарів.

За додатком 5 [22] визначають теплотехнічні показники будівельних матеріалів усіх конструктивних шарів огорожень для визначення умов експлуатації:

- в'язкість матеріалу γ , кг/м³;
- розрахунковий коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м × °С);
- коефіцієнт теплосвоєння S , Вт/(м² × °С).

Величину термічного опору теплопередачі огороження знаходять за формулою

$$R_o = R_3 + \sum_{i=1}^n R_i + R_{\text{вн}}, \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

де $R_3 = 1/\alpha_3$,

$R_{\text{вн}} = 1/\alpha_{\text{вн}}$ – термічний опір тепловіддачі з боку зовнішнього й внутрішнього повітря відповідно;

$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$, $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$ – коефіцієнти теплообміну між повітрям і відповідною поверхнею огорожувальної конструкції.

Термічний опір шару огороження обчислюють за формулою

$$R_i = \delta_i/\lambda_i,$$

де δ_i – товщина шару;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності шару (визначають за додатком Б [21] згідно з умовами експлуатації матеріалів).

При теплотехнічному розрахунку конструкції зовнішнього огороження величину потрібного термічного опору обчислюють за формулою

$$R_{\text{пот}} = \frac{t_a - t_3}{\Delta t^i \times \alpha_a} n, \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

де t_a і t_3 – розрахункова температура повітря у приміщенні й зовні;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій відносно зовнішнього повітря (для зовнішніх стін $n = 1$);

Δt^i – температурний перепад між повітрям і внутрішньою поверхнею огороження.

Нормативні значення опору теплопередачі приймають залежно від кількості градусо-днів опалювального періоду [4], які встановлені залежно від температурної зони України.

Якщо фактичний термічний опір теплопередачі менше потрібного або нормативного значення, необхідно збільшити товщину шарів огорожувальної конструкції або передбачити додатковий шар теплоізоляції. Для обраного матеріалу теплової ізоляції (тобто коефіцієнт теплопровідності ізоляції λ_{i3} відомий) товщину шару визначають з рівняння

$$\delta_{i3} = (R - R_o)\lambda_{i3}, \text{ м},$$

де R – потрібне або нормативне значення опору теплопередачі.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 3-5

Розрахунок теплових втрат через огорожувальні конструкції будівель

Мета заняття – закріплення лекційного матеріалу і ознайомлення з методикою розрахунку теплових втрат через огороження будівель та споруд.

Розрахунок теплових втрат приміщенням виконують для визначення теплової потужності системи опалення і підбору опалювальних приладів. Приклади обчислення втрат теплоти приміщенням і підбору опалювальних приладів наведені в [22].

Розрахункові втрати Q_1 , кВт, визначають за формулою

$$Q_1 = Q_a + Q_v,$$

де Q_a – тепловий потік, кВт, через огорожуючі конструкції;

Q_v – втрати теплоти, кВт, на нагрівання вентиляційного повітря.

Величини Q_a і Q_v розраховують для кожного елемента огорожуючої конструкції (стіни, стелі, підлоги, вікна, балконні двері) за формулою

$$Q_a = 1/R_o \times A(t_b - t_3)(1 + \sum \beta) \times n \times 10^{-3},$$

де R_o – опір теплопередачі огорожуючої конструкції, $m^2 \times ^\circ C/Вт$, який розраховано за завданням, крім підлоги на ґрунті.

У випадку розрахунку теплових втрат крізь підлоги східцевих клітин опір теплопередачі приймають з рекомендацій [1], тобто для підлог на ґрунті та стін будівель, розташованих нижче рівня землі, опір теплопередачі визначають зонами шириною 2 м, паралельними стінам за формулою (див. рис. 2.1):

$$R_o = R_c + d/\lambda_{yt},$$

де R_c – опір теплопередачі, $m^2 \times ^\circ C/Вт$, що дорівнює 2,1 для зони I, 4,3 – для зони II;

8,6 – для зони III; 14,2 – для площі підлоги, що залишилася;

d – товщина шару утеплення, м, що враховують при $\lambda_{yt} < 1,2 \text{ Вт}/(m^2 \times ^\circ C)$;

A – розрахункова площа огорожуючої конструкції, m^2 .

Площа й лінійні розміри огорожуючих конструкцій знаходять за кресленням на рис. 2.2.

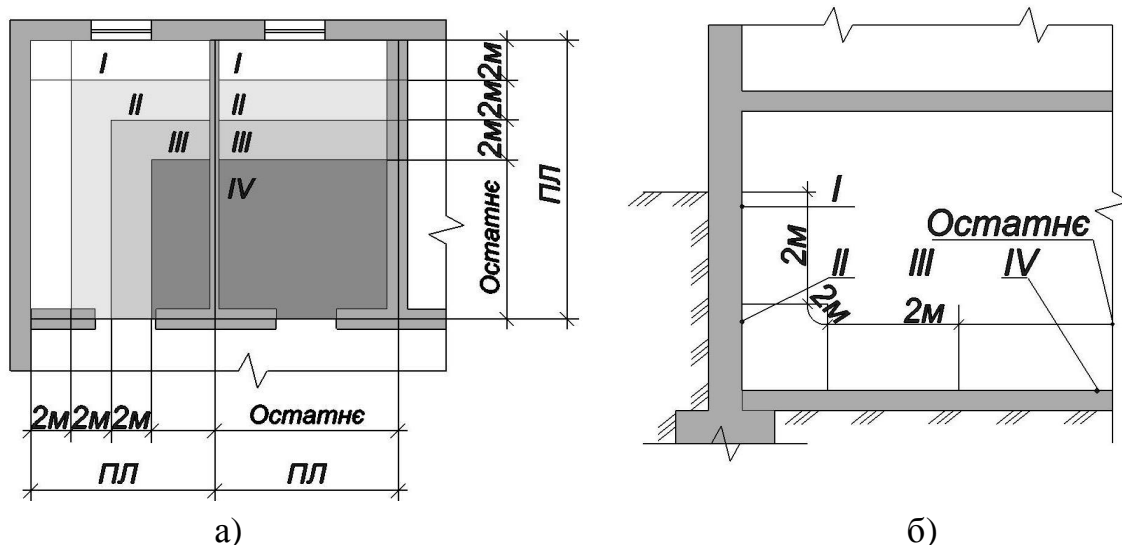


Рис. 2.1 – Схема для визначення втрат теплоти:
а) через підлогу; б) через стіни, заглиблені нижче рівня землі

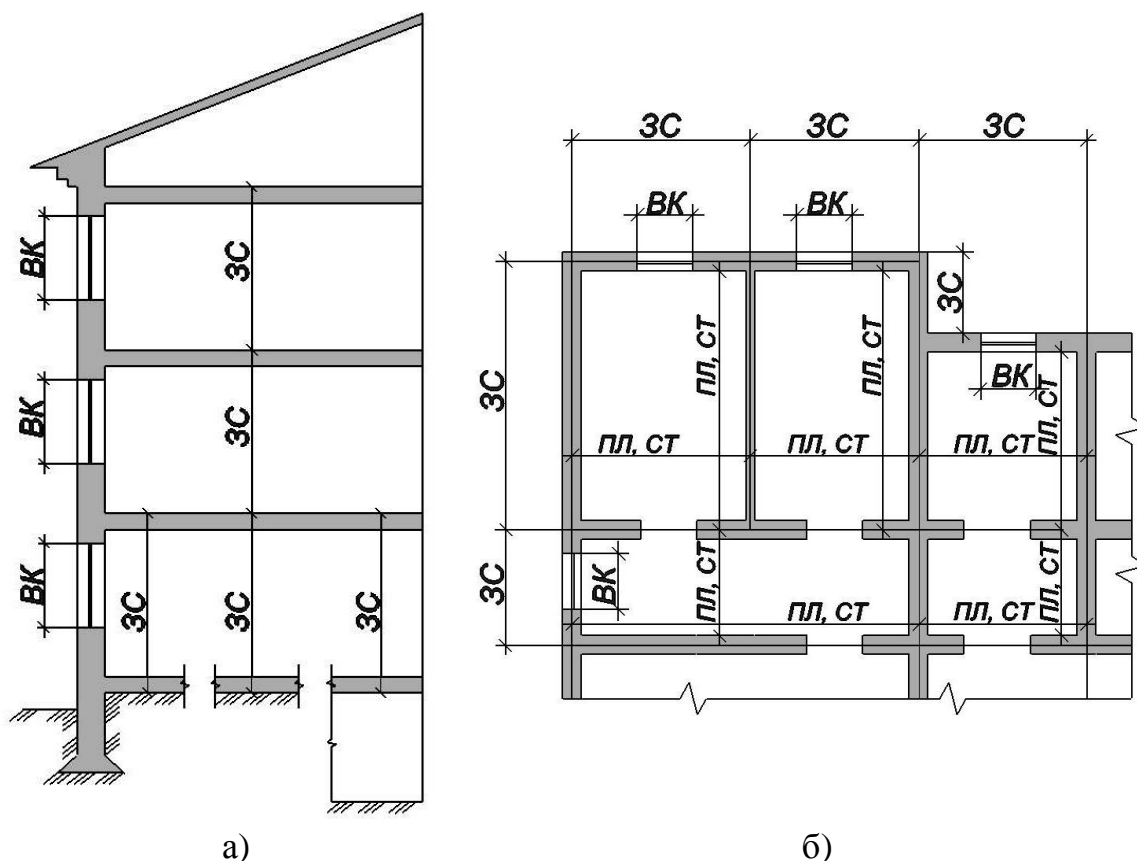


Рис. 2.2 – Правила заміру огорожуючих конструкцій при розрахунку теплових втрат: а) переріз; б) план;
ЗС – зовнішня стіна; ВК – вікна; ПЛ – підлога; СТ – стеля

Замір площі огорожуючих конструкцій

Площу визначають за зовнішніми замірами:

- площу вікон, дверей – вимірюють за найменшим будівельним отвором;
- площу стелі й підлоги – між осями внутрішніх стін і внутрішньої поверхні зовнішньої стіни. Площу зон підлоги по ґрунту визначають з умовною розбивкою на зони (вказано вище).

Площу зовнішніх стін вимірюють: у плані – за зовнішнім периметром між зовнішнім кутом і осями внутрішніх стін; за висотою: на першому поверсі залежно від конструкції підлоги – від зовнішньої поверхні підлоги по ґрунту або від поверхні підготовки під конструкції на лагах, або нижньої поверхні перекриття над підпіллям до чистої підлоги другого поверху; в середніх поверхах – від поверхні підлоги до поверхні підлоги наступного поверху; на верхньому поверсі – від поверхні підлоги до верху конструкції перекриття з урахуванням товщини утеплювача.

t_b – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С, приймають відповідно до норм проектування будівель.

При виконанні завдання можна приймати за [4] такі значення:

- житлова кімната 20 °С (для кутових кімнат 22 °С),
- кухня 15 °С,
- ванна 25 °С,
- східцеві клітки 16 °С;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, приймають $t_3 = t_5$;

n – коефіцієнт, який приймають залежно від положення зовнішньої поверхні огороження відносно зовнішнього повітря; для зовнішніх стін та покриття $n = 1$, для перекриття над неопалювальним підвалом $n = 0,6$;

β – додаткові втрати теплоти в частинах від основних втрат, що враховуються:

- для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожень, які орієнтовані в напрямку, звідки у січні віє вітер із швидкістю, що перевищує 4,5 м/с з повтором не менше 15% відповідно до СНиП 2.01.01-82, в розмірі 0,05 при швидкості вітру до 5 м/с і в розмірі 0,10 при швидкості 5 м/с і більше; при типовому проектуванні додаткові втрати враховують в розмірі 0,05 для всіх приміщень;
- для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожень багатопверхових будівель – в розмірі 0,20 для першого і другого поверхів; 0,15 – для третього, 0,10 – для четвертого поверхів будівель з кількістю поверхів 16 і більше; для 10...15-поверхових будівель додаткові втрати враховують в розмірі 0,10 для першого і другого поверхів і 0,05 для третього поверху.

Втрати теплоти Q_v , кВт, розраховують для кожного опалюваного приміщення, яке має вікно або велику кількість вікон чи балконних дверей у зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігріву опалювальними приладами зовнішнього повітря в обсязі одноразового повітрообміну на годину:

$$Q_v = 0,337 A_{\text{пл}} \times h (t_v - t_3) 10^{-3},$$

де $A_{\text{пл}}$ – площа підлоги приміщення, м²;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м, але не більше 3,5;

t_3 – зовнішня температура холодного періоду, °С (дод. 2).

Втрати теплоти Q_v , кВт, на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає у східцеву клітку, розраховують за формулою

$$Q_v = 0,7b(H + 0,8p)(t_v - t_3) 10^{-3},$$

де H – висота будівлі, м;

p – кількість людей;

b – коефіцієнт, що враховує кількість входних тамбурів: при одному тамбурі (двоє дверей) $b = 1,0$, двох (три двері) $b = 0,6$.

Порядок розрахунку втрат теплоти такий. Всі приміщення за годинниковою стрілкою нумерують на планах будівлі цифрами: на 1 поверсі з лівого кута – 101, 102, ...; на 2 поверсі – 201, 202, ...; на 9 поверсі – 901, 902,

Східцеві клітки позначають СК.

Розрахунок теплових втрат оформлюють таблицею (див. табл. 7.2).

Назви огорожень у таблиці позначають так:

з.ст. – зовнішня стіна;

вк. – вікно;

ст. – стеля;

пл. – підлога

б.д. – балконні двері;

п.дв. – подвійні двері східцевої клітки.

Втрати теплоти через огорожуючі внутрішні конструкції приміщень можна не враховувати, якщо різниця температур між цими приміщеннями дорівнює $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ і менше.

Приклад. Розрахунок теплових втрат деяких приміщень. Конструктивні розміри наведені на рис. 2.3.

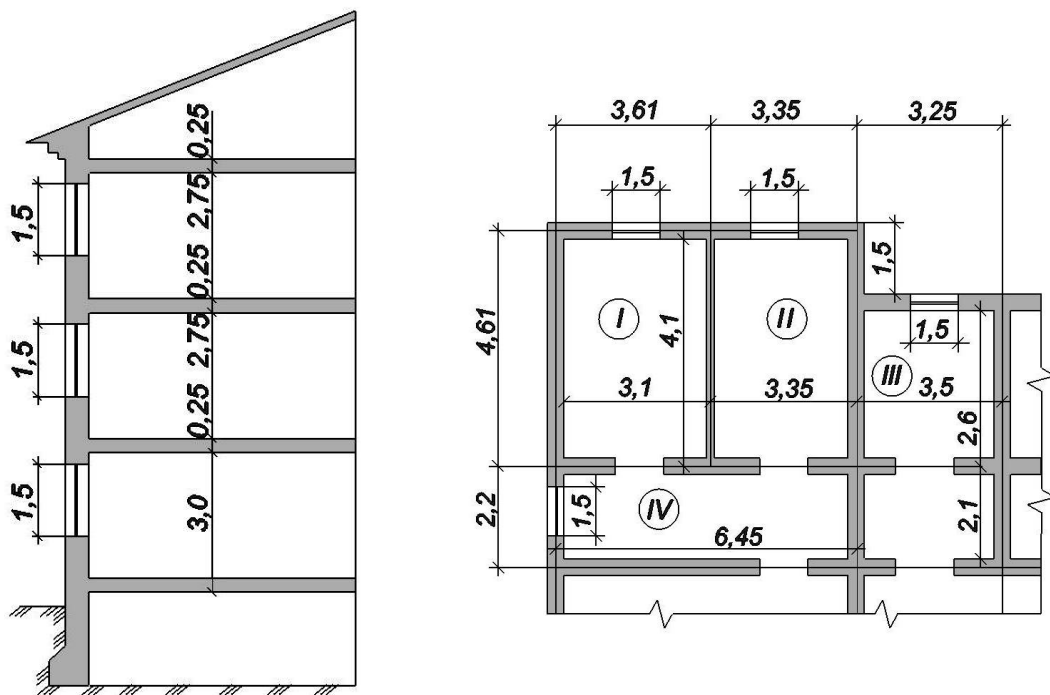


Рис. 2.3 – Конструктивні розміри приміщень

Таблиця 7.2 – Розрахунок теплових втрат

Номер приміщення	Призначення приміщення	Внутрішня температура $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Огороджуючі конструкції				Різниця температур $t_{в} - t_{5}, ^\circ\text{C}$	Поправочний коефіцієнт n	Коефіцієнт теплопередачі $1/R_o, \text{Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$	Додаткові витрати		Основні витрати теплоти $\Sigma Q_a, \text{Вт}$	Витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря $Q_v, \text{Вт}$	$Q_a + Q_v, \text{Вт}$	$Q_{вн}, \text{Вт}$	$0,9Q_{гр}, \text{Вт}$	Тепловтрати приміщення $Q_{пр} = \Sigma Q_a + Q_v - 0,9Q_{гр}, \text{Вт}$
			Позначення	Орієнтація	Розміри, м	Площа $A, \text{м}^2$				$\Sigma \beta$	$1 + \Sigma \beta$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Помешкання № 101 (перший поверх)																	
101	Ж.к.	20	3.ст.	Зах.	4,61×3,25	14,98	43	1	1,11	0,05	1,05	750,7	552,5	2243	–	–	2243
			3.ст.	Пів.	3,61×3,25	11,73	43	1	1,11	0,1	1,1	615,8					
			Вк.	Пів.	1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5					
			Підл.	–	4,1×3,1	12,71	43	0,6	0,56	–	–	183,6					
												1690,6					
Помешкання № 102 (другий поверх)																	
102	Ж.к.	20	3.ст.	Зах.	4,61×3,0	13,83	43	1	1,11	0,05	1,05	693,11	552,5	1954,7	–	–	1954,7
			3.ст.	Пів.	3,61×3,0	10,83	43	1	1,11	0,1	1,1	568,6					
			Вк.	Пів.	1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5					
												1402,2					
Помешкання № 104 (четвертий поверх)																	
104	Ж.к.	20	3.ст.	Зах.	4,61×3,25	14,98	43	1	1,11	0,05	1,05	750,7	552,5	2480,3	–	–	2480,3
			3.ст.		3,61×3,25	11,73	43	1	1,11	0,1	1,1	615,8					
			Вк.		1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5					
			Стел.		4,1×3,1	12,71	43	1	0,77	–	–	420,8					
Помешкання 202 (другий поверх, помешкання № 2)																	
202	Ж.к.	20	3.ст.	Пів.	3,35×3,0	10,05	43	1	1,11	0,1	–	527,65	552,5	1483	–	–	1483
			3.ст.	Схід.	1,75×3,0	5,25	43	1	1,11	0,05	1,05	263,1					
			Вк.	Пів.	1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5					
												931,25					

Примітки:

1. У графі 10 коефіцієнт теплопередачі вікна розрахований як різниця коефіцієнтів вікна і зовнішньої стіни, тобто $2,43 - 1,11 = 1,32$, при цьому площа вікна не вилучається з площі стіни.
2. У графі 14 наведені розрахункові тепловтрати на нагрівання вентиляційного повітря в обсязі одноразового повітрообміну на годину.
3. У даному випадку тепловий потік від неізолюваного трубопроводу опалення не розраховують. Це значення необхідно враховувати при відомому значенні діаметра і підборі приладів.

Вихідні дані: $t_b = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{3(5)} = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$; коефіцієнти теплопередачі зовнішніх огорожень, отримані теплотехнічним розрахунком, приймаємо рівними:

- для зовнішньої стіни із цегляної кладки $k = 1,112\text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{C})$;
- для перекриття над неопалювальним підвалом $k = 0,56\text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{C})$;
- для горіщного перекриття $k = 0,77\text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{C})$;
- для вікон з подвійним дерев'яним заскленням $k = 2,43\text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{C})$.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 6-7

Підбір опалювальних приладів

Мета заняття – ознайомлення з методикою підбору опалювальних приладів, орієнтуючись на визначення теплової втрати приміщень.

Підбір опалювальних приладів полягає у визначенні їх кількості й типу для компенсації теплових втрат приміщеннями житлової або громадської будівлі.

Розрахунок опалювальних приладів проводять у такій послідовності:

- викреслюють схему опалювального стояка з приладами;
- на всіх приладах вказують теплові потоки $Q_{\text{пр}}$, Вт, (теплові втрати).

У розрахункових умовах втрати теплоти на опалення приміщення $Q_{\text{пр}}$ повинні компенсуватись тепловіддачею опалювального приладу $Q_{\text{п}}$ і нагрітих труб $Q_{\text{тр}}$. Ця сумарна тепловіддача у приміщення, визначена розрахунком тепловтрат через огорожуючі конструкції, є тепловим навантаженням опалювального приладу.

Опалювальний прилад характеризується визначеною площею нагрівальної поверхні $A_{\text{п}}$, м^2 , що розраховується відповідно до потрібної тепловіддачі приладу. Для забезпечення необхідної тепловіддачі до приладу треба подати кількість теплоносія в одиницю часу $G_{\text{п}}$, $\text{кг}/\text{год}$, що називається витратою теплоносія:

$$G_{\text{п}} = Q_{\text{т}} / [c(t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})],$$

де $Q_{\text{т}}$ – тепловий потік від теплоносія, Вт;

c – питома теплоємність води, дорівнює $4,187\text{ Дж}/(\text{кг} \times ^{\circ}\text{C})$;

$t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вих}}$ – температура води на вході й виході з приладу, $^{\circ}\text{C}$.

Тепловий потік від теплоносія води передається через стінку приладу в приміщення. Інтенсивність теплопередачі характеризується коефіцієнтом теплопередачі $k_{\text{п}}$, який означає щільність теплового потоку на зовнішній поверхні стінки, що пере-

дається через одиницю площі зовнішньої поверхні, віднесеної до різниці температури теплоносія і повітря, розділених стінкою.

Коефіцієнт теплопередачі k_{π} , Вт/(м² × °С), дорівнює величині, зворотній опору теплопередачі R_{π} від теплоносія через стінку приладу в приміщення. Значення коефіцієнта теплопередачі k_{π} змінюється залежно від конструктивних особливостей приладу.

Важливим показником, що визначає температуру приладу t_{π} в умовах експлуатації, є температурний напір $\Delta t_{\text{сер}}$, °С (див. табл. 7.4):

$$\Delta t_{\text{сер}} = t_{\text{Т}} - t_{\text{В}},$$

де $t_{\text{Т}}$ – температура теплоносія в приладі;

$t_{\text{В}}$ – температура внутрішнього повітря, тобто

$$\Delta t_{\text{сер}} = t_{\text{сер}} - t_{\text{В}}.$$

Для однотрубних систем опалення, коли прилади з'єднані послідовно, відома температура теплоносія, яка входить до приладу $t_{\text{вх}}$, а температура води, яка виходить із нього $t_{\text{вих}}$, залежить від витрати води в приладі G_{π} .

Середню температуру теплоносія виражають через теплове навантаження приладу:

$$t_{\text{сер}} = t_{\text{вх}} - 0,5 Q_{\pi} \beta_1 \beta_2 / c G_{\pi},$$

де Q_{π} – теплове навантаження приладу, Вт;

β_1 – поправочний коефіцієнт, який враховує теплопередачу через додаткову площу приладів, прийнятих до встановлення; для радіаторів і конвекторів $\beta_1 = 1,03-1,08$;

β_2 – поправочний коефіцієнт, який враховує додаткові тепловтрати внаслідок встановлення приладів біля зовнішніх стін; для конвекторів типу КН $\beta_2 = 1,02$, типу КА – 1,03, панельного радіатора – 1,04.

Номінальну щільність теплового потоку $q_{\text{ном}}$, Вт/м², отримують для стандартних умов роботи приладу, коли середня різниця температури $\Delta t_{\text{сер}} = 70$ °С і витрата води в приладі складає 360 кг/год.

Значення номінальної щільності теплового потоку деяких типів приладів є такими:

радіатори чавунні секційні М140 АО	– 595,
радіатори чавунні секційні М140 А	– 650,
радіатори чавунні секційні МС-90-108	– 790,
радіатори сталеві панельні РСВ	– 730,
конвектори без кожуха «Акорд»	– 300,
конвектори «Комфорт»	– 330,
конвектори з кожухом «Універсал-20»	– 357.

Якщо номінальний тепловий потік приладу з урахуванням схеми його підключення до стояка відомий, то розрахункова щільність теплового потоку q_{π} , Вт/м² складає:

$$q_{\pi} = q_{\text{ном}} (\Delta t_{\text{сер}} / 70)^{1+n} (G_{\pi} / 360)^p.$$

Теплопередача опалювального приладу $Q_{\text{п}}$, Вт, пропорційна тепловому потоку, приведеному до розрахункових умов за його дійсною площею нагріву:

$$Q_{\text{п}} = 70k_{\text{ну}}A\varphi_{\text{к}} = Q_{\text{ну}}\varphi_{\text{к}},$$

де $Q_{\text{ну}}$ – номінальний умовний потік приладу, Вт;

$\varphi_{\text{к}}$ – комплексний коефіцієнт приведення $Q_{\text{ну}}$ до розрахункових умов,

$$\varphi_{\text{к}} = (\Delta t_{\text{сер}}/70)^{1+n}(G_{\text{п}}/360)^p b \psi c,$$

де b – коефіцієнт обліку атмосферного тиску в даній місцевості; при тиску $P = 1013$ Па, тобто 760 мм рт. ст. $b = 1$;

ψ – коефіцієнт обліку напрямку руху теплоносія у приладі, $\psi \approx 0,9$;

n , p та c – експериментальні показники (див. табл. 7.3)

Таблиця 7.3 – Значення показників n , p та c

Тип опалювального приладу	Напрямок руху теплоносія	Витрати теплоносія G , кг/год	n	p	c
Радіатори чавунні секційні	зверху-донизу	50-900	0,3	0	1,0
	знизу-доверху	50-900	0,15	0	1,0
Конвектор «Комфорт»	—	50-900	0,35	0,07	1
Конвектор «Акорд»	—	50-900	0,2	0,03	1
Конвектор «Універсал»	—	50-900	0,3	0,07	1

Необхідне теплове навантаження приладу в приміщенні $Q_{\text{п}}$, Вт визначають за формулою

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{пр}} - 0,9Q_{\text{тр}},$$

де $Q_{\text{пр}}$ – тепловтрати приміщення;

$Q_{\text{тр}}$ – тепловіддача відкрито прокладених трубопроводів в межах приміщення, стояка (вітки), підводок, до яких безпосередньо приєднаний прилад (див. табл. 7.4):

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}}l_{\text{в}} + q_{\text{г}}l_{\text{г}},$$

де $q_{\text{в}}$, $q_{\text{г}}$ – тепловіддача 1 м вертикальних і горизонтальних труб, Вт/м;

$l_{\text{в}}$, $l_{\text{г}}$ – довжина вертикальних і горизонтальних труб у межах приміщення, м.

Таблиця 7.4 – Питома тепловіддача неізолюваних труб

Різниця температур $\Delta t_{\text{сер}} = t_{\text{сер}} - t_{\text{в}}$	$Q_{\text{тр}}$, Вт/м, при D_y , мм, труб сталевих водогазопровідних				
	15	20	25	32	40
Горизонтальні труби					
30	29	35	41	52	58
40	40	52	58	71	81
50	46	64	79	93	105
60	65	81	110	129	146
70	79	99	122	142	163
80	94	117	146	172	194
90	112	137	171	201	227
Вертикальні труби					
30	17	21	33	40	49
40	23	33	44	56	64
50	35	47	61	78	88
60	49	62	79	99	110
70	58	77	100	121	139
80	76	93	106	145	168
90	87	110	141	274	197

Для однотрубних систем водяного опалення потрібну площу нагрівальної поверхні приладу визначають за формулою

$$A_{\text{п}} = Q_{\text{п}} / (Q_{\text{ну}} \phi_{\text{к}}), \text{ м}^2.$$

Розрахункову площу опалювальних приладів, м^2 знаходять за формулою

$$A_{\text{р}} = A_{\text{п}} \beta_4 / b,$$

де β_4 – коефіцієнт врахування способу встановлення приладу; при відкритому встановленні $\beta_4 = 1$.

Для чавунних секційних радіаторів мінімальна кількість секцій, шт., дорівнює

$$n = A_{\text{р}} / (f \beta_3),$$

де f – площа нагрівальної поверхні однієї секції заданого типу, м^2 ;

β_3 – коефіцієнт врахування кількості секцій в приладі; за кількістю секцій до 15 шт. $\beta_3 = 1$, від 16 до 20 $\beta_3 = 0,98$.

Кількість елементів конвекторів визначають за формулою

$$n_{\text{к}} = A_{\text{р}} / (n f_1),$$

де n – кількість ярусів і рядків елементів;

f_1 – площа одного елемента конвектора прийнятої довжини, м^2 ; приймають за довідковими даними.

Номенклатура і технічна характеристика опалювальних приладів наведені в дод. 8.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 8-10

Гідравлічний розрахунок системи опалення

Мета заняття – закріплення основних положень гідравліки й ознайомлення з методикою виконання гідравлічного розрахунку системи опалення будинку.

Гідравлічний розрахунок системи опалення полягає у визначенні діаметрів трубопроводів при певних навантаженнях теплового потоку (Q) й перепаді тиску теплоносія на вводі $P_{розп}$.

На аксонометричній схемі системи опалення розміщують запірно-регулювальну арматуру, повітрозбірники або повітряні крани, повороти, згони.

Поряд з опалювальним приладом для кожного стояка проставляють теплові потоки відповідних приміщень (тепловтрати).

Розрахункове циркуляційне кільце (найбільш довге й навантажене) розбивають на розрахункові ділянки – відрізок трубопроводу одного діаметра з постійним тепловим потоком. Номери ділянок проставляють, починаючи від індивідуального теплового пункту (ІТП) за ходом теплоносія до кінцевого стояка і назад.

Вказують теплові потоки і довжину кожної розрахункової ділянки в метрах.

Тепловий потік стояка визначають як суму теплових потоків опалювальних приладів. Тепловий потік магістральних ділянок дорівнює сумі теплових потоків стояків, які обслуговує ця ділянка.

Після складання розрахункової схеми починають гідравлічний розрахунок, який може бути виконаний будь-яким із таких методів:

- метод розрахунку за питомими витратами тиску;
- метод характеристики опорів.

При використанні цих методів приймають температурний напір теплоносія у стояках однаковим.

Для гідравлічного розрахунку системи опалення в РГЗ рекомендують метод розрахунку за питомими витратами тиску, що найбільш докладно відображає розрахунок витрат тиску на тертя і в місцевих опорах.

Розрахунок виконують у такій послідовності. За завданням задаються величиною перепаду тиску в системі опалення будівлі, кгс/м^2 ($P_{розп} = 1200$). Визначають середню величину питомої витрати тиску на тертя за довжиною розрахункового циркуляційного кільця (найбільш довге) $R_{ср}$:

$$R_{ср} = (B \times P_{розп}) / \sum l,$$

де $P_{розп}$ – перепад тиску в системі опалення, кгс/м^2 (за завданням);

$\sum l$ – сума довжин ділянок розрахункового циркуляційного кільця, м;

B – коефіцієнт, що враховує частку витрат тиску на переборювання опору тертя від загального перепаду тиску $P_{розп}$, $B = 0,6$.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 11-12

Влаштування індивідуального теплового пункту

Мета заняття – вивчення схеми і призначення ІТП (накреслити схему ІТП, навести опис обладнання, арматури і контрольно-вимірювальних приладів – грязьовиків, елеватора, засувки, вентилів, термометрів, манометрів, теплолічильників).

Водоструменеві елеватори служать для зниження температури гарячої води й отримання потрібного напору в системі опалення.

Найбільше розповсюдження мають сталеві елеватори, недоліком яких є незмінність коефіцієнта змішування, що не забезпечує економії теплоти.

Елеватор встановлюють на прямих ділянках трубопроводу, діаметри яких повинні відповідно дорівнювати діаметрам отворів для входу та виходу води з елеватора. Довжина прямої ділянки труби перед елеватором повинна бути не менше 10, а поза елеватором не менше 5 діаметрів трубопроводу.

Принципом дії елеватора є ежектування зворотної води системи опалення і змішування її з водою з мережі.

Для нормальної роботи елеватора різниця тисків у подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі на вводі має бути достатньою для подолання гідравлічних опорів елеватора і системи опалення. Підбір елеватора проводять за номограмою. Для цього необхідно виконати розрахунки.

Основною розрахунковою характеристикою для елеватора є коефіцієнт змішування:

$$U = \frac{T_1 - t_2}{t_2 - t_0} 1,15,$$

де T_1 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі теплової мережі, °С;
 t_2 , t_0 – температура відповідно гарячого й охолодженого теплоносія в системі опалення, °С;

1,15 – коефіцієнт запасу.

Вихідні дані:

G_c – витрата води в системі опалення, т/год;

P_p – витрати тиску в системі, отримані в результаті гідравлічного розрахунку, м вод. ст.

Діаметр горловини елеватора

$$d_r = 8,5 \sqrt[4]{\frac{[G_c (1 + U)]^2}{P_p}}, \text{ мм.}$$

Діаметр сопла елеватора

$$d_c = 8,5 \sqrt[4]{\frac{G_c^2}{P_p (1 + U)^2}}, \text{ мм.}$$

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 13-14

Схеми приєднання водопідігрівних установок гарячого водопостачання. Види й розрахунок теплообмінних апаратів

Мета заняття – закріплення знань з теорії теплопередачі, будови й принципів роботи теплообмінних апаратів, оволодіння методикою розрахунків рекуперативних теплообмінників.

Системи гарячого водопостачання приєднують до теплових мереж за допомогою теплообмінних апаратів. У системах гарячого водопостачання застосовують ємкісні й рекуперативні апарати. Улаштування та принцип роботи таких видів рекуперативних теплообмінників, як кожухотрубчасті й пластинчасті, розглянуті в [1, с. 3, с. 93-95]. Рух середовища в теплообмінному апараті може здійснюватись за прямою або протиточною схемою. При теплових розрахунках теплообмінників використовують рівняння зміни тепловмісту для гріючого середовища, для речовини, що нагрівається, і рівняння теплопередачі. При конструктивному розрахунку з рівняння теплопередачі визначають необхідну площу поверхні теплообміну з подальшим обчисленням геометричної характеристики апарата (кількість секцій, кількість пластин тощо):

$$Q = G_1 \times c_1 \times (t_1' - t_1''),$$

$$Q = G_2 \times c_2 \times (t_2' - t_2''),$$

$$Q = k \times F \times \overline{\Delta t},$$

де Q – кількість теплоти, якою в апараті обмінюються середовища;

G_1, G_2 – витрати середовища;

c_1, c_2 – питома теплоємність середовища;

t_1', t_1'' – температура гріючого середовища на вході в апарат і на виході з апарату;

t_2', t_2'' – те саме для речовини, що нагрівається;

k – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа поверхні теплообміну;

$\overline{\Delta t}$ – середньологарифмічна різниця температур в апараті.

При відомій площі однієї секції (f_o) секційних апаратів кількість секцій визначають за формулою

$$n = \frac{F}{f_o}.$$

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 15-16

Проектування системи холодного водопостачання. Гідравлічний розрахунок системи холодного водопостачання

Мета заняття – оволодіння методикою проектування системи холодного водопостачання, що містить: вибір системи внутрішнього водопроводу; визначення місць

підключення вводів до зовнішнього водопроводу; раціональне трасування магістральних трубопроводів, стояків і підводок внутрішньої водопровідної мережі; визначення розрахункових витрат водоспоживання об'єкта; гідравлічний розрахунок і підбір спеціального обладнання, необхідного при експлуатації системи.

Визначають розрахункові витрати на ввіді в будівлю. Максимальну секундну витрату холодної води на ввіді в будівлю встановлюють за формулою

$$q = 5q_o\alpha,$$

де q_o – секундна витрата води, л/с, що визначають для кожного приладу за додатком 2 [18];

α – коефіцієнт, що визначають за додатком 4 [18] і залежить від числа санітарно-технічних приладів у будівлі, а також ймовірності роботи приладів P^c .

$$P^c = \frac{q_{hr,u} U}{q_o N 3600},$$

де N – число приладів.

Визначивши N та P^c , отримують результат $N \times P^c$, за табл. 2 додатку 4 [18] знаходять α^c . Обчислюють максимальну секундну витрату на ввіді холодної води за формулою

$$q^c = 5q_o^c \alpha^c.$$

Середню годинну витрату холодної води за добу максимального водоспоживання знаходять за формулою

$$q_T = \frac{\sum_{i=1}^i q_{u,i} U_i}{1000T}.$$

Після визначення витрат на ввіді в будівлю виконують гідравлічний розрахунок системи внутрішнього холодного водопроводу (визначення секундної витрати на кожній розрахунковій ділянці, підбір діаметрів трубопроводів на цій ділянці й визначення витрат напору на ній). Результати заносять до таблиці. Гідравлічний розрахунок починають з визначення параметрів мережі у головному напрямку, послідовно від диктуючого приладу до вводу в будівлю.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №№ 17-18

Розрахунок побутової каналізації

Мета заняття – оволодіння методикою розрахунку побутової каналізації житлового будинку, що містить розрахунок кількості випусків від будинку, яка залежить від розташування каналізаційних стояків на планах поверхів і схему мережі в мікрорайоні.

Максимальну секундну витрату побутових вод від будівлі визначають за формулою

$$q^S = q^{\text{tot}} + q_o^S,$$

де $q^{\text{tot}} \leq 8$ л/с – загальна максимальна секундна витрата води;

q_o^S – витрата стоків від санітарно-технічних приладів (дод. 2 [18], диктуючий прилад на розрахунковій ділянці), л/с.

$$P^{\text{tot}} = \frac{q_{\text{hr,u}}^{\text{tot}} U}{q_o^{\text{tot}} N 3600}.$$

Далі обчислюють $N \cdot P^{\text{tot}}$, тоді

$$q^{\text{tot}} = 5 q_o^{\text{tot}} \times \alpha^{\text{tot}},$$

де α^{tot} знаходять за табл. 2 дод. 4 [18].

Для визначення максимальних секундних витрат стічних вод по каналізаційних стояках обчислюють загальні секундні витрати води (холодної та гарячої). Витрати по всіх стояках однакові. Для кожного з них:

$$N_{\text{st}} = 36, P_{\text{st}}^{\text{tot}} = 0,012,$$

$$N_{\text{st}} \times P_{\text{st}}^{\text{tot}} = 0,431,$$

$$\alpha_{\text{st}}^{\text{tot}} = 0,632,$$

$$q_{\text{ст}}^{\text{tot}} = 5 \cdot 0,3 \cdot 0,632 = 0,948 < 8 \text{ л/с},$$

$$q_{\text{ст}}^S = 0,948 + 1,6 = 2,55 \text{ л/с}.$$

За даних витрат, найбільшого діаметра поверхового вводу $d = 100$ мм і кута його приєднання 45° , відповідно до табл. 8 [18] діаметр стояків прийнятий 100 мм. Монтаж додаткових вентиляційних стояків не потрібний.

8. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Виконати теплотехнічний розрахунок зовнішньої стінки будівлі (рис. 8.1) за таких умов: матеріал стінки – див. завдання; внутрішня штукатурка – вапняно-піщаний розчин (1); зовнішня штукатурка – цементно-піщаний розчин (3); умови експлуатації – А. Вихідні кліматичні дані: $t_{3(5)} = -22^\circ\text{C}$; $t_{3(1)} = -26^\circ\text{C}$.

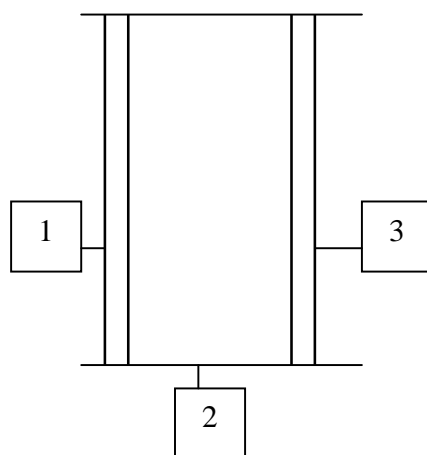


Рис. 8.1 – Конструкція зовнішнього огородження:
1 – внутрішня штукатурка; 2 – стіна; 3 – зовнішня штукатурка

Завдання 2. Використовуючи дані попереднього завдання, визначити нормативні значення опору теплопередачі зовнішньої стіни (рис. 8.2) (для умов м. Києва) (див. дод. 7). Знайти товщину утеплювача (матеріал утеплювача – див. завдання), за допомогою якого значення опору теплопередачі огородження досягне нормативного при тій самій товщині стіни.

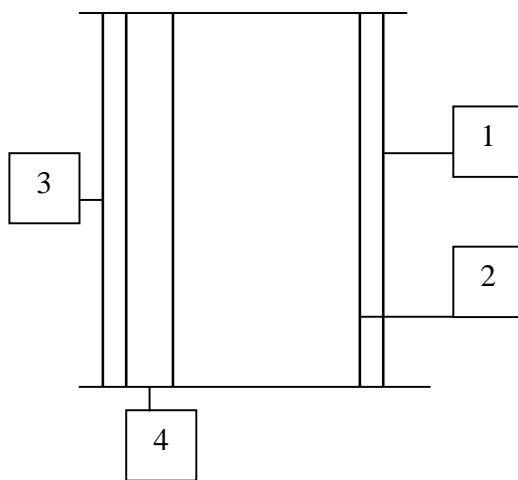


Рис. 8.2 – Конструкція зовнішнього огородження:
1 – внутрішня штукатурка; 2 – стіна; 3 – зовнішня штукатурка; 4 – утеплювач

Завдання 3. Розрахувати теплові втрати деяких приміщень, конструктивні розміри яких див. у завданні. Вихідні дані: $t_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{3(5)} = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнти теплопередачі зовнішньої стіни приймаємо згідно з розрахунком для вікон з подвійним дерев'яним заскленням – $k = 2,43\text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{C})$, для перекриття над неопалюваним підвалом та горищного перекриття – згідно з дод. 7.

Розрахунок виконати в табличній формі (табл. 7.2).

Завдання 4. Визначити кількість секцій чавунного радіатора типу М140 А, встановленого відкрито під підвіконням. Висоту приміщення прийняти за завданням, тепловтрати знайти, використовуючи дані попереднього завдання, $t_b = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Радіатор підключений до однострубіного проточного стояка $D_y = 20\text{ мм}$. Напрямок руху теплоносія – зверху-донизу. Температура теплоносія $t_r = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Витрати теплоносія $G_{ст} = 300\text{ кг/год}$. Падіння температури теплоносія до приладу не враховується.

Завдання 5. Визначити марку відкрито встановленого настінного конвектора з кожухом типу КН20 «Універсал-20» за умовами: висота і тепловитрати – знайти, використовуючи дані завдання 3; $t_b = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_r = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$; діаметр стояка опалення $D_y = 20\text{ мм}$; витрати теплоносія 300 кг/год . Падіння температури теплоносія до приладу не враховується.

Завдання 6. Визначити площу нагріву та кількість секцій водоводяного теплообмінника типу «труба в трубі». Гріюча вода рухається внутрішньою сталевією трубою, її температура на вході дорівнює t'_1 , а витрати – G_1 . Вода, що нагрівається, рухається за протиточною схемою в зазорі між трубами і нагрівається від t'_2 до t''_2 , її витрати становлять G_2 . Коефіцієнт теплопередачі прийняли як такий, що дорівнює $700\text{ Вт/(м}^2 \times ^{\circ}\text{C)}$. Вихідні дані прийняти за табл. 8.1, 8.2. Площу поверхні однієї секції прийняти 2 м^2 .

Таблиця 8.1 – Температура середовища за варіантами

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Гріючої води на вході в апарат, t'_1	42	42	42	77	77	77	77	120	130	150
Води, що нагрівається:										
- на вході, t'_2 ;	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35
- на виході, t''_2	25	30	35	55	60	25	30	60	60	60

Таблиця 8.2 – Витрати середовища за варіантами

Витрати води, кг/с	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Гріючої води, G_1	10	10	10	25	25	45	45	20	50	50
Води, що нагрівається, G_2	10	5	5	10	20	25	30	5	15	25

Завдання 7. Для умов попереднього завдання визначити площу теплообмінника при прямооточній схемі руху середовища. Порівняти результати розрахунків.

Завдання 8. Обчислити величину коефіцієнта теплопередачі через стінку пластинчастого теплообмінного апарата, виготовленого з нержавіючої сталі, коефіцієнт теплопровідності якої становить $\lambda_{ст}$. Товщина стінки дорівнює δ (табл. 8.3), коефіцієнт тепловіддачі по гріючому та «холодному» середовищу становить відповідно α_1 та α_2 (табл. 8.4).

Таблиця 8.3 – Параметри стінки пластинчастого апарата

Величина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Товщина стінки δ , мм	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{ст}$, Вт/(м · °С)	16	20	16	19	17	20	17	20	16	21

Таблиця 8.4 – Коефіцієнт тепловіддачі за варіантами

Коефіцієнт тепловіддачі Вт/(м ² × °С)	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
З боку гріючого середовища, α_1	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
З боку «холодного» середовища, α_2	10000	10000	10000	5000	5000	5000	15000	15000	15000	15000

Література: [1, с. 3, 88-95, 102-104; 4, с. 7].

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Инженерное оборудование зданий и сооружений / Под ред. Ю.А. Табунщикова. – М.: Высшая школа, 1989. – 238 с.
2. Белецкий Б.Ф. Санитарно-техническое оборудование зданий – М.: Стройиздат, 2002. – 512 с.
3. Шульга Н.А. Ремонт инженерных систем зданий: Уч. пособие – К.: Вища школа, 1991. – 263 с.
4. Архитектурное проектирование жилых зданий / Лисицын А.И., Пашковский Ю.А. и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 488 с.
5. Справочник по инженерному оборудованию жилых и общественных зданий / Под ред. В.С. Дикаревского. – К.: Будівельник. – 360 с.
6. Положення про систему технічного обслуговування, ремонту та реконструкції жилих будівель в містах і селищах України КДП-204/12 – Україна 193-91.
7. Порывай Г.А. Техническая эксплуатация зданий – М.: Стройиздат, 1990. – 368с.
8. ДБН В.2.5-22-2002. Інженерне обладнання будинків і споруд. Держбуд України. К. – 2002.
9. ДБН В.2.2-15-2005. Жилые здания. Основные положения. Госстрой Украины. К. – 2005.
10. ДСТУ Б В.2.5-5-96. Інженерне обладнання будинків і споруд. Прилади опалювальні. Номенклатура показників якості. УкрНДІспецбуд.
11. ДСТУ Б В.2.5-6-96. Інженерне обладнання будинків і споруд. Аератори трубчасті (труби дренажні фільтруючі) з пористого поліетилену. Загальні технічні умови. УкрНДІводоканалпроект, НВФ «Екополімер», ДНДІ «Укрводгео».
12. ДСТУ Б В.2.5-7-96. Інженерне обладнання будинків і споруд. Прилади санітарно-технічні чавунні емальовані. Технічні умови. НІИСантехники.
13. ДСТУ Б В.2.5-8-96. Інженерне обладнання будинків і споруд. Вироби санітарно-керамічні. Загальні технічні умови. НІИСтройкерамика.
14. ДСТУ Б В.2.5-9-97. Інженерне обладнання будинків і споруд. Арматура санітарно-технічна водозливна. Технічні умови. НІИСантехники.
15. ДСТУ Б В.2.5-10-97. Інженерне обладнання будинків і споруд. Змішувачі і крани водорозбірні. Типи і основні розміри. НІИСантехники.
16. ДСТУ Б В.2.5-11-98. Інженерне обладнання будинків і споруд. Трапи для систем каналізації будинків. Технічні умови. НІИСантехники.
17. ДСТУ Б В.2.5-12-98. Інженерне обладнання будинків і споруд. Вироби санітарні керамічні. Типи та основні розміри. НІИСантехники.
18. СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий». М.: Стройиздат, 1986. – 55 с.

19. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Энциклопедия – М.: Стройиздат, 1994. – 512 с.
20. Жилые и общественные здания: Справочник / Под ред. Ю.А. Дыховичного – М.: Стройиздат, 1991. – 655 с.
21. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
22. Методические указания к комплексному курсовому проекту по дисциплинам «Городские инженерные сети» и «Инженерное оборудование зданий» (для студентов 4, 5, 6 курсов специальностей 7.120.102, 8.120.102 – «Градостроительство» и иностранных студентов). – Харьков: ХГАГХ, 2000.
23. Методичні вказівки до розрахунково-графічного завдання з дисципліни «Інженерне обладнання споруд» (для студентів 4 курсу денної форми навчання спеціальності 6.120100 – «Містобудування»). – Харків: ХНАМГ, 2007.

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійної роботи і практичних занять з дисципліни «Інженерне обладнання будівель» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання професійного напрямку 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Промислове та цивільне будівництво»).

Укладач: Ганна Аркадіївна Усик

Відповідальний за випуск: А.О. Бобух

Редактор: Д.Ф. Курильченко

Верстка: Г.О. Павлова

План 2009, поз. 18 М

Підп. до друку 22.06.09 р.	Формат 60×84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовно-друк. арк. 2,0	Обл.-вид. арк. 2,3
Тираж 50 прим.	Замовл. №	

61002, м. Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ,
61002, м. Харків, вул. Революції, 12